

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-290725
 (43)Date of publication of application : 18.10.1994

(51)Int.Cl. H01J 37/08
 C23C 14/48
 H01J 27/18
 H01J 37/317
 H01L 21/265

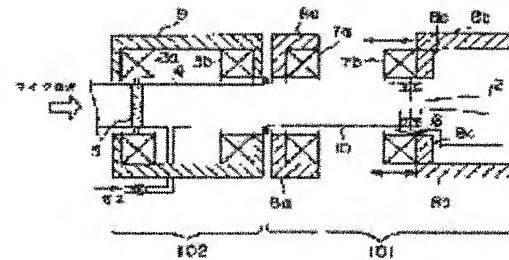
(21)Application number : 05-076824 (71)Applicant : HITACHI LTD
 (22)Date of filing : 02.04.1993 (72)Inventor : TOKIKUCHI KATSUMI
 AMAMIYA KENSUKE
 ITO JUNYA
 SAKUMICHI KUNIYUKI

(54) ION SOURCE APPARATUS AND ION IMPLANTATION APPARATUS WITH ION SOURCE APPARATUS

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide an ion source apparatus for high energy ion implantation wherein beam emittance can be controlled independently without affecting a beam current.

CONSTITUTION: In an ion source apparatus, plasma from one plasma source 4 is introduced into another plasma chamber 10 whose mirror magnetic field intensity ratio can be changed and an ion beam emitter electrode 6 is installed near a position of the maximum magnetic field intensity in the plasma chamber 10. Consequently, since the emittance of the emitted ion beam from the ion source apparatus can be adjusted independently of operational parameters of the ion source apparatus, an ion source apparatus with low emittance can be provided. By using the apparatus for an ion implantation apparatus, implantation current can be increased. An ion implantation apparatus available for a large current Me V class beam of more than mA is obtained in a wire acceleration energy range.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 02.04.1993

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2644958

[Date of registration] 02.05.1997

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-290725

(43)公開日 平成6年(1994)10月18日

(51)Int.Cl.⁵ 識別記号 庁内整理番号 F I 技術表示箇所
H 01 J 37/08
C 23 C 14/48 B 9046-4K
H 01 J 27/18 Z 9172-5E
37/317 8617-4M H 01 L 21/ 265 D
審査請求 有 請求項の数 8 OL (全 7 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平5-76824	(71)出願人 000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
(22)出願日 平成5年(1993)4月2日	(72)発明者 登木口 克己 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内
	(72)発明者 雨宮 健介 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内
	(72)発明者 伊藤 純也 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内
	(74)代理人 弁理士 富田 和子 最終頁に続く

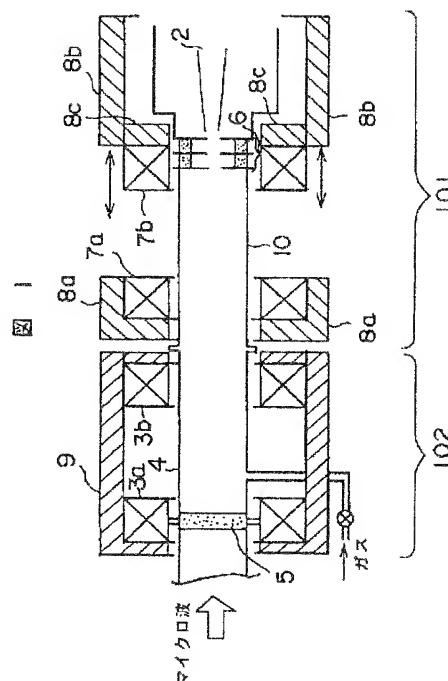
(54)【発明の名称】 イオン源装置およびそのイオン源装置を備えたイオン打ち込み装置

(57)【要約】

【目的】高エネルギーイオン打込み装置用のイオン源装置において、ビーム電流を損ねることなくビームのエミッタスを独立に制御できるイオン源装置を提供する。

【構成】イオン源装置において、ミラー磁場強度比を変えられるプラズマ室10に、別のプラズマ源4からのプラズマを導入し、且つプラズマ室10の磁場強度最大点近傍にイオンビーム引出し電極6を設ける。

【効果】イオン源装置からの引出しイオンビームのエミッタスを、イオン源装置運転パラメータとは独立に調整できたため、低エミッタスのイオン源装置を提供できればかりでなく、イオン打込み装置に適用することで、打込み電流の増大が図れ、広い加速エネルギー範囲で、mA以上の大電流MeV級ビームのイオン打ち込み装置を提供することができた。



【特許請求の範囲】

【請求項1】イオンを発生するプラズマ発生源を有するイオン源装置において、前記プラズマ発生源と隣接し、イオンの引出側に配置され、発生したイオンを導入し、引き出されるイオンビームのエミッターンスを調整する調整部を有し、前記調整部は、同一軸上に少なくとも2個の空心コイルを離して設置し、発生磁力線が同一方向となるように励磁して、前記プラズマ発生源から導入したイオンを閉じ込めるための第1のミラー磁場を形成する手段と、その磁場強度あるいは磁力線分布の少なくとも一方を変えることで当該第1のミラー磁場強度比を変更する手段とを備えることを特徴とするイオン源装置。

【請求項2】請求項1において、前記第1のミラー磁場とは別に、少なくとも2個の空心コイルからなる第2のミラー磁場を発生する手段と、マイクロ波導入部とをさらに備え、

前記プラズマ発生源は、第2のミラー磁場中に置かれ、前記マイクロ波導入路から導入されたマイクロ波による放電によってプラズマを発生することを特徴とするイオン源装置。

【請求項3】請求項1または2において、前記第1のミラー磁場強度比を変更する手段は、前記ミラー磁場を構成する2個の空心コイルの間に配置される磁性材料のヨークを有するものであり、これらのヨークは、それらがコイル間領域に占める状態を変えてミラー磁場強度比を変更するものであることを特徴とするイオン源装置。

【請求項4】請求項1または2において、前記第1のミラー磁場強度比を変更する手段は、前記第1のミラー磁場を発生する2個の空心コイルの間に配置されるコイルと、当該コイルに給電する装置とを備え、当該給電装置はコイルに流す電流を変えて、ミラー磁場強度比を変更するものであることを特徴とするイオン源装置。

【請求項5】請求項2から4のいずれかにおいて、前記プラズマ発生源の置かれている第2のミラー磁場に重疊する多極磁場を発生する手段をさらに備えたことを特徴とするイオン源装置。

【請求項6】請求項2から5のいずれかにおいて、前記プラズマ発生源が置かれている第2のミラー磁場と前記第1のミラー磁場とを発生する少なくとも4個以上の空心コイルの内、隣合う2個のコイルの内1個を省き、残り1個を共用することを特徴とするイオン源装置。

【請求項7】請求項1から6のいずれかにおいて、前記プラズマ発生源とは別の複数のプラズマ発生源をさらに備え、それらで発生したプラズマをそれぞれ前記調整部に導入することを特徴とするイオン源装置。

【請求項8】ある特定のイオンを発生するイオン源装置と、発生されたイオンを加速するイオン加速器と、加速されたイオンビームを照射する打ち込み室とを有するイオン打ち込み装置において、

イオン源装置は、イオンを発生するプラズマ発生源と、発生したイオンを導入し、出射イオンビームのエミッターンスを調整する調整部とを有し、

前記調整部は、同一軸上に少なくとも2個の空心コイルを離して設置し、発生磁力線が同一方向となるように励磁して、前記プラズマ発生源から導入したイオンを閉じ込めるための第1のミラー磁場を形成する手段と、その磁場強度あるいは磁力線分布の少なくとも一方を変えることで当該第1のミラー磁場強度比を変更する手段とを備えることを特徴とするイオン打ち込み装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、高周波加速器を使ってイオンビームをMeV級の高エネルギーに加速し、この加速イオンを試料基板に打ち込む高エネルギーイオン打ち込み装置と、そのイオン源に好適な、低エミッターンスのイオンビームを発生するイオン源装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来技術による高エネルギーイオン打ち込み装置で使用されていた、大電流イオン源装置の構造を図4で説明する。

【0003】図4において、プラズマ源4は、空心コイル3によるミラー磁場の中に置かれる。これに、2.45GHzのマイクロ波及び放電ガスを導入し、高密度プラズマを発生させる。次に、このプラズマから加速一減速方式の引出し電極6を使い、イオンビーム2を引出す。

【0004】このようなイオン源装置としては、例えば、特開昭63-114032号公報に示されるように、ミラー磁場中のマイクロ波放電によって生成した高密度プラズマから、引出し電極を使ってイオンビームを引出すマイクロ波イオン源装置が使われていた。

【0005】この従来型マイクロ波イオン源装置は、高温高密度のプラズマを生成できるため、大電流ビームを長時間安定に引出せる特徴があった。しかし、イオン源装置から引出されるイオンビームの質を表わすエミッターンスについては、他の方式のイオン源装置と同様に制御は非常に難しかった。エミッターンスを調整しようとすると、プラズマ状態が大きく変るため、大電流ビーム引出し性能を維持しながら、エミッターンスを小さくすることは出来なかった。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかし、エミッターンスの良否は、イオンビーム打ち込み装置の最終段の打ち込み室に至るイオンビーム電流の透過率に影響を与える。特に、高周波加速器では、良質の低エミッターンスビームを導入しないと、加速器内のビーム透過率が大きく減ることが知られている。

【0007】即ち、イオン打ち込み装置においては、イオン源装置から大電流のビームを引出しても、イオン源

装置のエミッタスが大きいと、打込み室に到達するビームが激減するという問題があった。

【0008】また、エミッタスは、イオン源装置のプラズマ等の性質によって変わるため、その調整には、イオン源装置プラズマのパラメータ（例えば、イオン温度、電子温度等）を変える必要がある。しかし、従来技術では、それらを変えると、イオンビーム引出し特性も同時に変わり、その結果、ビーム電流が大きく変わるものがあった。即ち、従来のイオン源装置では、エミッタスと電流引出し性能を、独立に制御することが出来ないという問題があった。

【0009】本発明の目的は、高エネルギーイオン打込み装置用のイオン源装置において、ビーム電流を損ねることなく、ビームのエミッタスを独立に制御できる、低エミッタスのイオン源を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的は、大電流ビームの引出しに好適な高密度プラズマを発生できるマイクロ波イオン源装置のエミッタスを調整するために、プラズマ発生部とエミッタスを調整する部分を独立に設けたイオン源装置を有するイオンビーム打ち込み装置によって達成できる。

【0011】即ち、前記イオン源装置において、2個の空心コイルの励磁で発生するミラー磁場中に、別のプラズマ源で発生したプラズマを導入せしめ、更に、プラズマ状態を変化させるため、ミラー磁場強度比を変える手段を設ける。これにより、引出し電極で引出されるイオンビームのエミッタスが制御可能としたものである。

【0012】

【作用】本発明の作用を述べるにあたり、最初に、エミッタスの定義及びミラー磁場によるプラズマ粒子の振舞いについて説明する。

【0013】図2は、イオンビームが持つエミッタスを説明する図である。図2-(A)で示すように、イオンビーム2中に小孔の開いたスリット1を置き、この小孔から出るイオンビーム2aの広がり角度θを測定する。小孔の位置rを変えて角度θを測定したものを、図2-(B)に示す。この時、図2-(B)で描かれた图形の面積がエミッタスである。レンズ等により、ビームが制御を受けるとエミッタスの形は変わるが、その面積は変わらない。

【0014】イオン打込み装置において、イオン源装置からビーム照射室に至るイオンビーム透過率は、エミッタスの大小により変わる。特に、大電流ビームを得るには、イオン源装置から引出されるビーム電流を上げると共に、そのエミッタスを小さくすることが必要である。

【0015】エミッタスは、その定義から分かるように、イオンビーム進行方向と直角な方向のイオン速度の大小により決まる。イオン速度の大小は、イオンが引出

されるプラズマ室のプラズマ中イオン温度により変わる。プラズマ中のイオン温度は、プラズマ生成方法で決まる。

【0016】一方、プラズマ生成条件を変化させると、種々のプラズマパラメータ（電子温度、プラズマ密度等）が同時に複雑に変わるため、プラズマ密度を一定に保ちながらイオン温度のみを単独に制御することは困難である。

【0017】次に、2個の空心コイルの励磁で出来る、いわゆるミラー磁場中の荷電粒子の振舞いについては、以下のことが知られている。

【0018】まず、図3-(A)にミラー磁場形状を示す。2個の空心コイル3a, 3bで作られた磁場内にプラズマ等の荷電粒子を入れると、大部分の粒子は2個のコイルの間を往復する。これは、コイル部のところで磁場が、あたかも鏡のように働き、荷電粒子を反射させるからである。しかし、一部の粒子については反射されず軸方向に逃げていく。

【0019】図3-(B)は、ミラー磁場内の粒子について、磁場方向速度成分 V_x 及びこれに直角な方向の成分 V_y をもつ粒子の分布を示したものである。プラズマが等方的であれば、粒子は円内で一様に分布する。

【0020】ミラー磁場内で往復する個々の粒子の V_x , V_y の変化は、図3-(B)に示したような円形となるが、コイル中心部の位置において、図3-(B)の斜線部に示す速度成分をもつ粒子は、ミラー磁場内で反射を受けずに軸方向に逃げていく。斜線部の粒子が抜けた後、他の速度空間にある粒子は相互の衝突により順次この斜線部に入ってくるので、粒子は次々に軸方向に逃げて行くことになる。ここで、斜線部の領域を示す角度θは、ミラー磁場の強度比 B_o/B_m により変化し、 $\theta = \sin^{-1} \sqrt{(B_o/B_m)}$ で与えられる。ここで、 B_o はミラー磁場中心における磁束密度、 B_m はミラー地点での磁束密度である。

【0021】つまり、ミラー磁場から出でていった粒子の V_y は、粒子がミラー磁場中にある場合に比べ、小さな値を持つことになる。プラズマから引出されるイオンビームのエミッタスは、 V_y 成分が小さい時、小さな値となる。

【0022】従って、ミラー磁場から逃げる粒子をイオンビームとして引出せば、エミッタスの小さなイオン源装置を得ることができる。特に、ミラー磁場比を変える機構を設ければ角度θが変わるので、ミラー磁場より逃げていく粒子のエミッタスを調整することが可能となる。

【0023】

【実施例】最初に、本発明を適用したイオン源装置に関するいくつかの実施例を、説明する。次に、それらのイオン源装置を備えた、イオン打ち込み装置に関する実施例を説明する。

【0024】図1は、本発明に基づくイオン源装置に関する第1の実施例を説明する図である。図1に示される本実施例は、プラズマ源部102と、同じ軸上に連結されるエミッターンスを調整する調整部101とから成る。

【0025】プラズマ源部102は、ミラー磁場を発生する、給電装置(図示せず)を備えた空心コイル3a、3bと、プラズマを発生するプラズマ源4と、マイクロ波を透過すると共にマイクロ波導入部分とプラズマ源部102を遮蔽する絶縁物5と、当該磁場による調整部101への影響を最小にする鉄等の磁性材料で構成されるヨーク9とから構成される。

【0026】調整部101は、前記ミラー磁場とは独立にミラー磁場を発生する、給電装置(図示せず)を備えた空心コイル7a、7bと、前記プラズマ源4で発生したプラズマを導入するプラズマ室10と、そこからイオンビーム2を引き出すイオンビーム引出し電極6と、鉄等の磁性材料で構成されるヨーク8a、8b、8cとから構成される。ただし、8bは可動式ヨークで、当該ミラー磁場強度比を変化させる。コイル7a、7bの励磁で発生する磁力線は、ヨーク8a、8b、8c内を主に通るため、プラズマ源4の磁場分布や強度には影響を与えない。

【0027】マイクロ波は、図1左方向から絶縁物5を通して、プラズマ源4に導入され、そこで、図1下方向から導入されるガスを、マイクロ波放電によってプラズマ化する。発生したプラズマ粒子の内、コイル3a、3bによるミラー磁場強度比で決まる速度分布を持つ粒子は、この磁場を逃げて、コイル7a、7bによって発生されるミラー磁場中に置かれたプラズマ室10へ移動する。

【0028】さらに、プラズマ室10において、コイル7a、7bが作るミラー磁場強度比で決まる速度分布を持つプラズマ粒子は、当該ミラー磁場を逃げて、引出し電極6の引出し面に向かう。プラズマ室10のミラー磁場強度比は、ヨーク8bを機械的に軸方向に出し入れすれば容易に変えられる(図1中、矢印参照)。したがつて、ミラー磁場から逃げるプラズマのY方向速度分布が制御可能となり、引出されるイオンのエミッターンスを調整することができる。このとき、プラズマ源部102には、何らの影響も与えない。すなわち、種々のプラズマパラメータを変化させない。

【0029】本実施例において、種々のイオン種に関するイオンビームエミッターンスを測定した。その結果、数mA～数10mAの引出しイオンビーム電流において、プラズマ室10のミラー磁場強度比を変えることで、ビームエミッターンス値を数倍～数10倍の範囲で変わることが示された。ここで、イオン源装置引出し電圧は数kV～50kVで実験した。

【0030】この電圧電流範囲に対し、エミッターンス値をイオンビーム速度で規格化した規格化エミッターンスの

実測値は、従来が $0.1\pi\text{cm}\cdot\text{mrad}$ 程度であった。しかし、本実施例では、 $0.01\pi\text{cm}\cdot\text{mrad}$ の桁とことができ、従来例に比べ格段に小さくできることが分った。

【0031】次に、イオン源装置に関する第2の実施例を説明する。上記第1実施例では、プラズマ発生用のプラズマ源4に単純な形状のミラー磁場のみを印加しているが、その代わりに、特開昭63-1114032号公報に示される多極磁場を重畠した多価イオン生成用プラズマ源を用いた場合でも、エミッターンス制御が可能である。

【0032】図5は、イオン源装置に関する第2の実施例を説明する図で、調整部101は図1のそれと同じである。

【0033】図5では、ミラー磁場の他に、永久磁石13a、13bをプラズマ源4の周辺に多極状に配置し、プラズマ温度やプラズマ密度をさらに高めている。この場合も、プラズマ源4のミラー磁場端から調整部101に高温、高密度プラズマが導入されるため、低エミッターンスの引出しビーム2を大電流化できる。

【0034】特に、第1実施例では、一価イオンがプラズマ源4で効率良く生成できるのに対し、本実施例では2価以上の多価イオンが効率良く生成できるため、低エミッターンスの数10mA級大電流多価イオンビームを得ることができる。

【0035】次に、第3の実施例を説明する。第1および第2実施例では、ミラー磁場強度比を変化させるために、コイルに取り付けたヨークを機械的に移動させていた。

【0036】しかし、ここで説明する第3の実施例(図7)では、これを電気的に変える方法を採用了。即ち、空心コイル7a、7bの中間に補助コイル11を置き、給電装置18によって補助コイル11に流す励磁電流を変えてミラー比を変化させた。本実施例でも、引出しビーム2のエミッターンスを、容易に制御することができた。

【0037】次に、イオン源装置に関する第4の実施例を説明する。上記第1、2、3実施例においては、図1に示すように、プラズマ源部102と調整部101とがそれぞれ1対のコイルを有し、独立にミラー磁場を発生させていた。しかし、プラズマ源部102と調整部101の接続点に近い、いずれかのコイルを省き、3個のコイルによっても、同様なミラー磁場を発生させることができる。

【0038】この第4の実施例では、図8に示すように、図1におけるプラズマ室10のミラー磁場を形成するコイル7aを除去し、コイル3bを共用する。つまり、コイル3aと3b、および、コイル3bと7bでミラー磁場を形成する。

【0039】本実施例において測定した、ビーム電流に

に対するエミッターンス制御性の範囲は、実施例1、2、3に較べやや狭くなるが、従来イオン源装置では、ビーム電流やイオン源装置電圧が数10%以上変わると、エミッターンスが大きく変動していたのに対し、数倍のビーム電流、電圧変化に対しても、本実施例のエミッターンスを、 $0.01 \pi \text{ cm} \cdot \text{mrad}$ の桁に制御することができた。

【0040】第4実施例では、図1においてコイル7aを除いたが、コイル3bを除いても同様な結果が得られる。

【0041】さらに、上記第1、2、3、4実施例では、エミッターンス調整用のミラー磁場内に置かれるプラズマ室10に一個のプラズマ源を結合している。しかし、図9に示す第5実施例のように、調整部101の中央部に上下方向から別の複数のプラズマ源部102（この例では2個を追加）を結合付加すればプラズマ密度が上がるため、引出しイオンビーム2の電流が増加できる。この場合、低エミッターンスでより大電流のイオンビームが簡単に引出しできることは、発明の作用からして自明のことである。

【0042】次に、上記実施例で示されたイオン源装置を有するMeVエネルギーのイオン打込み装置の一実施例を説明する。

【0043】図6は、その実施構成例を説明する図である。本実施例は、上記実施例で説明されたいずれかのプラズマ源部102および調整部101から構成されるイオン源装置と、磁場によってイオン軌道を変える質量分離器15と、磁場または電場によってビームを収束するレンズ16と、イオンをMeVエネルギーにまで加速するRFQ加速器14と、そのイオンを半導体基板等の被照射物（図示せず）に打ち込むビーム照射室17とによって構成される。ここで、加速器14には、例えば、特願昭58-226860号公報に示されるRFQ（高周波4重極）加速器を用いることができる。

【0044】イオン源装置101/102から発生されたイオンは、質量分離器15によって選択され、その選ばれたイオンだけがレンズ16によって収束され加速器14で、所定のエネルギーまで加速され、ビーム照射室17に保持される被照射物に照射される。

【0045】RFQ加速器14は、入射ビームのエミッターンスにより、加速器内のビーム透過率が大きく左右される性質を持つ。したがって、mA級の大電流MeVビームを得るためにには、加速器14に低エミッターンスのビームを入射することが、特に必要である。

【0046】図4に示した従来のイオン源装置の場合、イオン源装置のエミッターンスを低くするための運転条件と、大電流ビームを引出すための運転条件が異なっている。したがって、本実施例のイオン打ち込み装置において、従来イオン源装置を使用すると、要求されるビームエネルギーと入射ビーム電流値により、加速器透過率が

変わり、RFQ加速器の運転条件の広い範囲において、効率良く加速することができなかつた。

【0047】次に、イオン源装置を本発明のものに置き換えたところ、RFQ加速器の広い運転周波数範囲、つまり、広い加速エネルギー範囲で、90%以上の高いビーム透過率が、B（ボロン）、P（リン）、As（ヒ素）イオンビームについて得られた。これは、様々なイオン種や加速条件に応じて、入射イオンビームエミッターンスを小さな値（ $0.01 \pi \text{ cm} \cdot \text{mrad}$ の桁）に制御できたためである。

【0048】

【発明の効果】本発明により、高エネルギーイオン打込み装置用のイオン源装置について、引出しイオンビームのエミッターンスを、イオン源装置運転パラメータとは独立に調整できた。その結果、低エミッターンスのイオン源装置を提供できるばかりでなく、イオン打込み装置に適用することで、打込み電流の増大が図れ、広い加速エネルギー範囲で、mA以上の大電流MeV級ビームのイオン打ち込み装置を提供することができる。

【0049】

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、本発明に基づくイオン源装置の原理を示す第1実施例の構成図。

【図2】図2-(A)および(B)は、イオンビームエミッターンスの定義説明図。

【図3】図3-(A)および(B)は、ミラー磁場の定義及びミラー磁場中の荷電粒子の速度空間における分布説明図。

【図4】図4は、従来のマイクロ波イオン源装置の構成図。

【図5】図5は、本発明に基づくイオン源装置の第2実施例の構成図。

【図6】図6は、本発明に基づくイオン打ち込み装置の一実施例のプロック図。

【図7】図7は、本発明に基づくイオン源装置の第3実施例の構成図。

【図8】図8は、本発明に基づくイオン源装置の第4実施例の構成図。

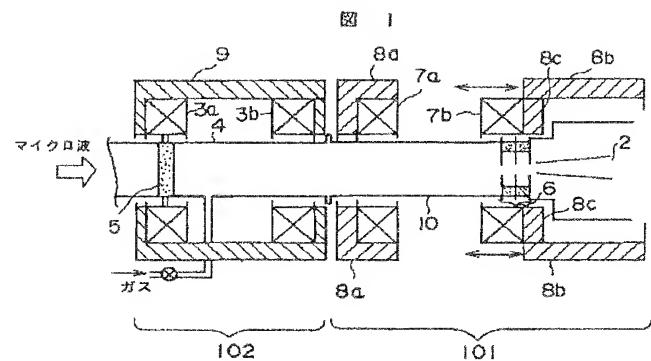
【図9】図9は、本発明に基づくイオン源装置の第5実施例の構成図。

【符号の説明】

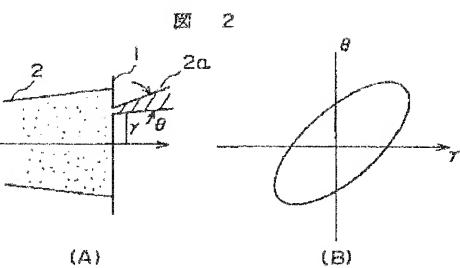
1…ビーム遮蔽スリット、2…イオンビーム、3a、3b…空心コイル、4…マイクロ波プラズマ源、5…絶縁物、6…イオンビーム引出し電極、7a、7b…空心コイル、8a、8c、8d…磁性材料ヨーク、8b…可動ヨーク、9…磁性材料ヨーク、10…プラズマ室、11…補助コイル、12…磁力線、13a、13b…永久磁石、14…RFQ加速器、15…質量分離器、16…レンズ、17…ビーム照射室、18…給電装置、101…調整部、102…

ラズマ源部。

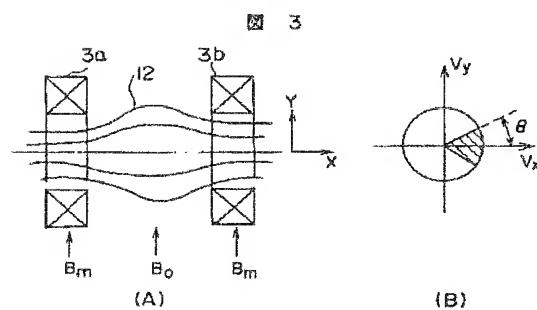
【図1】



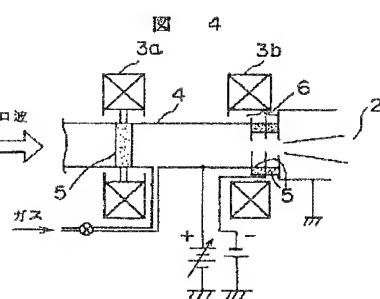
【図2】



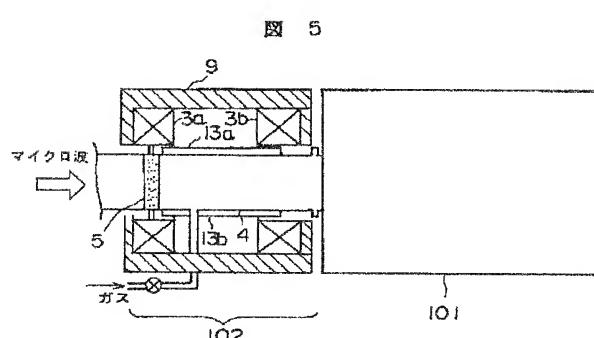
【図3】



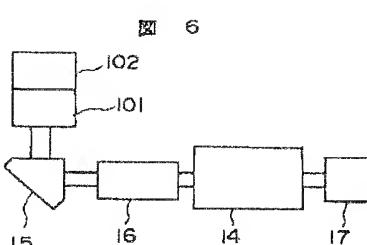
【図4】



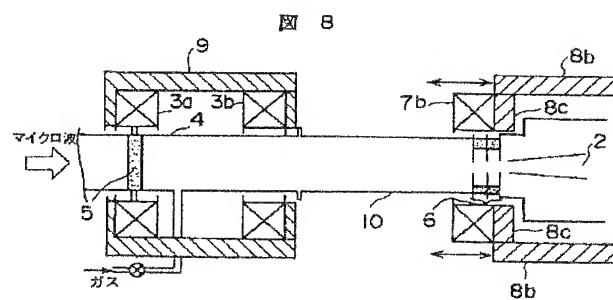
【図5】



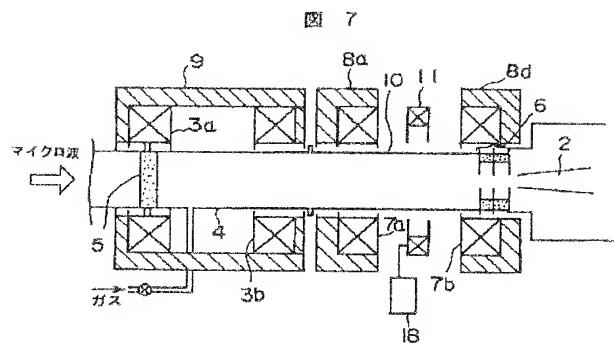
【図6】



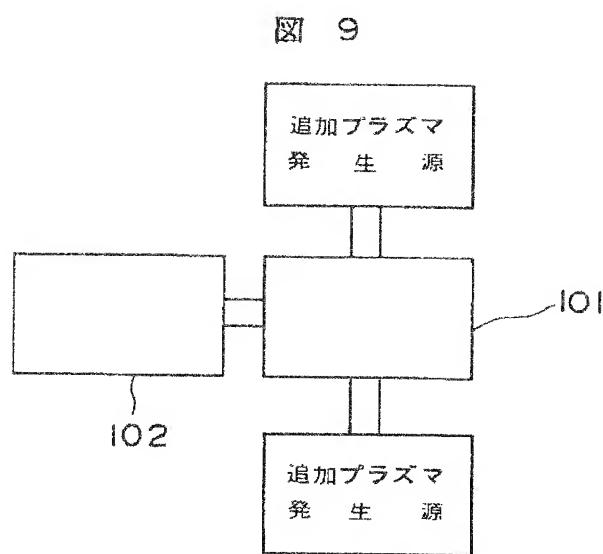
【図8】



【図7】



【図9】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 5

H O 1 L 21/265

識別記号 序内整理番号

F I

技術表示箇所

(72) 発明者 作道 訓之

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株
式会社日立製作所日立研究所内